

Abb. 1 – Nachweis von Fremdeinwirkung bei kathodisch geschützten Rohrleitungen

# Detektion von Fremdkontakten durch Baugeräte mittels Messtechniken des kathodischen Korrosionsschutzes

Statistiken belegen, dass Schäden an Rohrleitungen häufig durch Fremdeinwirkungen entstehen. Egal, ob die Leitungen dabei direkt beschädigt werden oder ob es durch die Beschädigung der Umhüllung zu Korrosion kommt: Wichtig ist, dass solche Fremdkontakte möglichst schnell detektiert werden. Ein Projekt zur Onlineüberwachung von Rohrleitungen hat vor diesem Hintergrund untersucht, ob KKS-basierte Messverfahren zur Feststellung entsprechender Beschädigungen genutzt werden können. Der Beitrag erläutert die Hintergründe und die Motivation des Vorhabens und stellt dessen zentrale Ergebnisse vor.

**Die Auswertung der** Schadensstatistiken, welche in den letzten Jahren in zunehmendem Maße erstellt und veröffentlicht wurden, zeigt, dass die meisten Schäden an Rohrleitungen durch Fremdeinwirkungen entstehen. Demnach sind ca. 28 % der Schadensfälle auf äußere Einwirkungen zurückzuführen, welche unmittelbar Leckagen zur Folge haben. Gleichwohl muss bei Korrosion als Schadensursache berücksichtigt werden, dass auch hier Fremdeinwirkungen eine wesentliche Rolle spielen. In der Regel sind Korrosionsschäden auf beschädigte Umhüllungen der Rohrleitungen zurückzuführen.

Mit der Überarbeitung des DVGW-Arbeitsblattes G 466-1 „Gasleitungen aus Stahlrohren für einen Auslegungsdruck von mehr als 16 bar; Betrieb und Instandhaltung“ wurde im Regelwerk für den Netzbetrieb die Möglichkeit der Zustandsbewertung von Rohrleitungen durch den

kathodischen Korrosionsschutz (KKS) berücksichtigt. Angesichts dieser Erkenntnis wurden in den letzten Jahren vermehrt Möglichkeiten beschrieben, solche Fremdeinwirkungen mit unterschiedlichsten Verfahren zeitnah zu detektieren. Jüngere Entwicklungen in der Auswertung von Daten des kathodischen Korrosionsschutzes lassen erwarten, dass man Rohrleitungen im Hinblick auf Einwirkungen Dritter aktiv überwachen kann. Da diese Möglichkeit bereits mehrfach publiziert ist, sich in einem DVGW-Projekt bei Feldversuchen auch in der Praxis bewährt hat und sich dadurch ein neuer „Stand der Technik“ abzeichnet, hat das G-TK „Außenkorrosion“ das DVGW-Merkblatt GW 31 „Onlineüberwachung – Detektion von Fremdkontakten durch Baugeräte“ erstellt.

Die Überwachung mithilfe KKS-basierter Messverfahren bietet dabei in gleich

mehrere Hinsicht deutliche Vorteile. So sind Fehlalarme weitgehend ausgeschlossen, da ein KKS-basiertes Mess- und Überwachungsverfahren nur dann ein Ereignis erkennt, wenn auch die Rohrumhüllung beschädigt wird. Diese Form der Onlineüberwachung mit den Messmethoden des KKS entspricht einer permanent durchgeführten Zustandsbewertung der Rohrleitung und ist somit eine Erweiterung und Weiterentwicklung der inzwischen in den Regelwerken etablierten KKS-basierten Bewertung der LeitungsinTEGRITÄT. Es handelt sich um Verfahren, die problemlos in den bestehenden KKS der Rohrleitungen integriert werden können. Zur Einordnung der hier betrachteten Thematik bietet sich ein Blick auf die Bedeutung des KKS für den Betrieb der Rohrleitungen und die Entwicklung der Messverfahren für deren Zustandsbewertung geradezu an.

## Hintergründe und Motivation

Laut Gashochdruckleitungsverordnung (GasHDrLtgV) hat der Betreiber einer Gashochdruckleitung sicherzustellen, dass diese in ordnungsgemäßem Zustand erhalten und überwacht wird. Für den Betrieb der Gashochdruckleitungen wird an dieser Stelle auf das DVGW-Arbeitsblatt G 466-1 verwiesen. Die im Mai 2018 veröffentlichte Revision dieses Arbeitsblattes wurde ursprünglich für Gasleitungen ab 5 bar angewendet und ist mit der aktuellen Fassung dem Anwendungsbereich der Gashochdruckleitungsverordnung für Gasleitungen ab 16 bar Betriebsdruck angepasst worden. Im DVGW-Arbeitsblatt

onsschutzes und damit der Zustand der Rohrumhüllung erfasst werden kann. Laut DVGW-Arbeitsblatt G 466-1 sind diese Inspektionen üblicherweise in Abständen von zehn bis 25 Jahren vorgesehen.

Eine zeitlich noch enger gesteckte Inspektionsmaßnahme ist die ergänzend vorgesehene jährliche Funktionsprüfung des KKS. Mit dieser soll sichergestellt werden, dass die Korrosion im Bereich einer Umhüllungsbeschädigung auf ein technisch vertretbares Maß reduziert wird. Hiermit werden zwangsläufig auch die zahlenmäßig nicht unbedeutenden Vorschädigungen durch Fremdeinwirkungen erfasst, die nicht unmittelbar zu einer

blattes G 466-1 ist der mögliche Informationsgehalt der Messungen rund um den KKS für den Netzbetrieb über die reine Funktionsprüfung hinaus deutlich erweitert worden. Die Messergebnisse werden nunmehr auch direkt herangezogen, um die Integrität einer Leitung oder eines Leitungsnetzes zu bewerten. Die Nutzung der Messmethoden des KKS zur Bewertung der Integrität einer Leitung oder eines Leitungsnetzes mag für den KKS-Fachmann Normalität sein, für den übrigen Netzbetrieb ist dieses Thema aber zumindest in den Regelwerken rund um die Instandhaltung von Leitungsnetzen vergleichsweise neu.

## » Die lokale Änderung des Widerstands zwischen Boden und Rohr spiegelt sich im Signalverlauf und ermöglicht letztlich den Nachweis der Einwirkung auf die Rohrleitung. «

G 466-1 sind entsprechend der Gashochdruckleitungsverordnung bei der Überwachung und Prüfung der Rohrleitungen die Sicherungsmaßnahmen gegenüber den Bauteilinspektionen abzugrenzen.

Im Rahmen der Sicherungsmaßnahmen wird der Trassenbereich durch das Befahren, Befliegen oder Begehen kontrolliert, um mögliche Aktivitäten im Bereich der Rohrleitungen oder gar Leckagen in den Leitungen zu erfassen. Gern werden diese Maßnahmen bereits als zustandsorientierte Instandhaltung eingestuft. Da hier eine Schadenswahrscheinlichkeit im Falle der Bewertung von Aktivitäten im Trassenbereich oder bereits vorhandene Ausfälle zur Bewertung herangezogen werden, ist dies dem Regelwerk zufolge jedoch eher eine ausfallorientierte, maximal aber eine präventive Form der Instandhaltung. Ziel einer zustandsorientierten Instandhaltung ist es hingegen, Betriebsmittel messtechnisch so zu überwachen, dass Ausfälle vermieden werden. Aus diesem Grunde ist eine Kombination aus Stahlrohren und dem kathodischen Korrosionsschutz in den Regelwerken und Verordnungen verankert.

Im Gegensatz zu den Sicherungsmaßnahmen ist im Rahmen der Inspektionen der Bauteilzustand konkret zu erfassen. Zu nennen ist in diesem Zusammenhang die Inspektionsmolchung, mit der u. a. die Restwanddicke der Rohrleitungen bestimmt werden kann. Neu aufgenommen ist die intensive KKS-Messtechnik, mit deren Hilfe die Integrität des Korrosi-

Leckage führen, sondern die Integrität einer Leitung beeinträchtigen. Durch diese Funktionsprüfung des KKS und die damit verbundene Reduktion der Korrosionsgeschwindigkeit auf ein technisch vertretbares Maß werden die Anforderungen auf dem Niveau einer Betriebssicherungsverordnung (BetrSichV; siehe Abschnitt 4: „Druckanlagen“) erfüllt.

Laut BetrSichV sind im Betriebsdruckbereich der früheren Fassung des DVGW-Arbeitsblattes G 466-1 mit den Leitungen ab 5 bar Betriebsdruck über eine einfache ausfallorientierte Lecksuche hinaus Inspektionsverfahren und Prüfungen gefordert, die gewährleisten, dass eine Leitung zwischen zwei Inspektionen sicher betrieben werden kann. Dieser Forderung kann durch die Kombination von Stahlrohrleitung und KKS auch im Fall von Beschädigungen durch Fremdeinwirkungen entsprochen werden. Die Interaktion aus Stahlleitungsrohr und kathodischem Korrosionsschutz ist dabei der wesentliche Unterschied zu einem Leitungsbetrieb mit anderen Rohrmaterialien. Eine derartige Kontrolle über die aus Beschädigungen resultierenden Veränderungen der Bauteilintegrität ist bei anderen Rohrmaterialien nicht realisierbar – ein störungsfreier Betrieb im Sinne der in den Verordnungen geforderten Betriebssicherheit kann somit auch nicht gewährleistet werden.

Mit der Aufnahme der intensiven KKS-Messtechnik zur Zustandsbewertung in die aktuelle Fassung des DVGW-Arbeits-

Mit dem Erscheinen des DVGW-Merkblattes GW 16 „Fernüberwachung“ im Jahr 2002 (heute Bestandteil des DVGW-Arbeitsblattes GW 10) änderte sich diese Situation grundlegend. Neben den Informationen, die den Betrieb des KKS betreffen, konnten kritische Zustände an Mantelrohren, mögliche Beeinflussungen in kritischen Schutzbereichen oder gar der Nachweis neu auftretender Fehlstellen erfasst werden, welche über den Zustand von Leitungsabschnitten informieren und damit auch für den Netzbetrieb von Bedeutung sind. So wurde dem KKS in den Folgejahren bei der Erarbeitung der Regelwerke für die Rehabilitationsplanung und Instandhaltung auch ein entsprechend höherer Stellenwert eingeräumt. Die für den Netzbetreiber durch die Messmethoden des KKS bereitgestellten Informationen können direkt in die Planung von Bau- bzw. Rehabilitationsmaßnahmen einfließen. Es folgten in diesem Zusammenhang weitere Regelwerke, in denen die Vorgehensweise zur Zustandsbewertung metallischer Rohrleitungen aus Guss und Stahl beschrieben sind. Die Aufnahme der intensiven KKS-Messtechnik zur Zustandsbewertung von Rohrleitungen im aktuellen DVGW-Arbeitsblatt G 466-1 als Alternative zur Inspektionsmolchung steht somit am derzeitigen Ende dieser Entwicklung. Das Projekt und das DVGW-Merkblatt zur Onlineüberwachung durch die Messmethoden des kathodischen Korrosionsschutzes sind die logische Folge dieser Aktivitäten.

**Das Projekt „Feldversuche zur Onlineüberwachung – Detektion von Fremdkontakten durch Baugeräte“**

Initiator des Projektes zur Onlineüberwachung von Rohrleitungen ist das DVGW-Technische Komitee (TK) Gastransportleitungen als verantwortliches Gremium für die Bearbeitung des DVGW-Arbeitsblattes G 466-1. Da im Anwendungsbereich der Gashochdruckleitungsverordnung der „Stand der Technik“ zu berücksichtigen ist, war es naheliegend – angesichts der Erkenntnisse zur möglichen Onlineüberwachung von Stahlleitungen durch die Messmethoden des KKS –, diese im Rahmen eines Forschungsprojektes zu bewerten. Dazu sind in einer abgestimmten Vorgehensweise die Einsatzmöglichkeiten wie auch die Grenzen solcher Verfahren zu ermitteln. Die fachliche Begleitung dieser Untersuchungen obliegt dem DVGW-TK Außenkorrosion, welches die Abwicklung auf einen Projektkreis, bestehend aus den Projektbeteiligten seitens der Leitungsbetreiber und den Anbietern von Überwachungssystemen, übertragen hat.

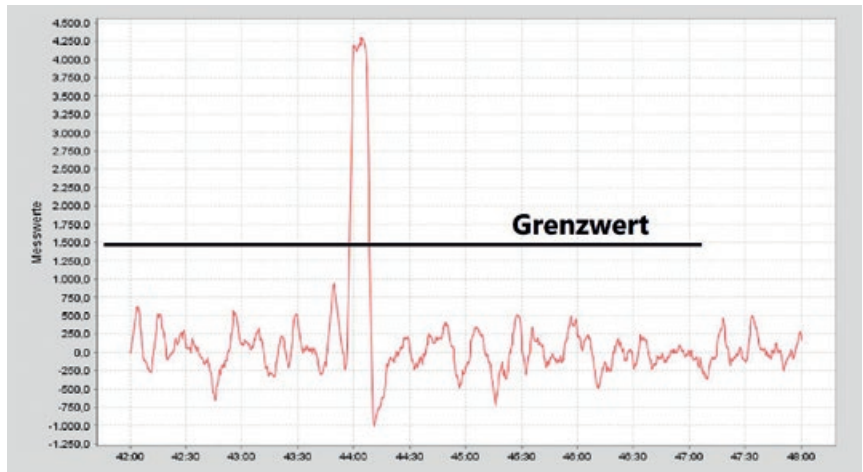


Abb. 2 – Erfassung von Änderungen des Schutzstromes

Rohrstrommessstellen und/oder KKS-Einspeisungen. Die Überwachung kann mit dem in den Unternehmen vorhandenen Know-how durch den KKS-Betrieb durchgeführt und koordiniert werden.

Die im Rahmen des Projektes eingesetzten Überwachungsverfahren basieren aktuell auf zwei unterschiedlichen

Rohrleitung wird kurzzeitig über das Baugerät geerdet; die lokale Änderung des Widerstands zwischen Boden und Rohr spiegelt sich im Signalverlauf und ermöglicht letztlich den Nachweis der Einwirkung auf die Rohrleitung.

Die Empfindlichkeit der Messwertaufnahme und die Abtastfrequenz sind ent-



**Die Projektergebnisse haben gezeigt, dass mithilfe der KKS-Messverfahren grundsätzlich eine lückenlose Überwachung von Rohrleitungen realisiert werden kann.**



Die Beschränkung der Onlineüberwachung auf die KKS-basierten Verfahren ergibt sich aus der sehr wesentlichen Anforderung, dass die Überwachungsverfahren auf vorhandene Infrastrukturen angewendet werden sollen. So sind seit den 1950er-Jahren alle Transportleitungen aus Stahl mit dem KKS ausgerüstet. Für die Anwendung wird keine zusätzliche Sensorik an den Leitungen selbst angebracht, nachgerüstet werden lediglich

Konzepten. So werden zum einen Änderungen des für den KKS erforderlichen Schutzstroms zur Erfassung möglicher Einwirkungen auf die Rohrleitungen ausgewertet (Abb. 2). Zum anderen wird dem Schutzstrom ein in seiner Frequenz veränderliches Prüfsignal überlagert und überwacht (Abb. 3). In beiden Fällen ergeben sich bei einem Kontakt des Baugerätes mit dem Stahlgrundmaterial signifikante Änderungen des Messwerts. Die

scheidende Größen für die Möglichkeit, Schadensereignisse zu erfassen. Der relativ kurze Zeitraum einer Einwirkung spiegelt sich in der erforderlichen Abtastfrequenz der Messeinrichtungen, während das Verhältnis der elektrischen Widerstände zwischen Rohrleitung und Erdbereich sowie einwirkendem Baugerät und Erdboden die erforderliche Empfindlichkeit der Messwertaufnahme bestimmt. Dabei sind auch noch andere betriebliche Störeinflüsse zu

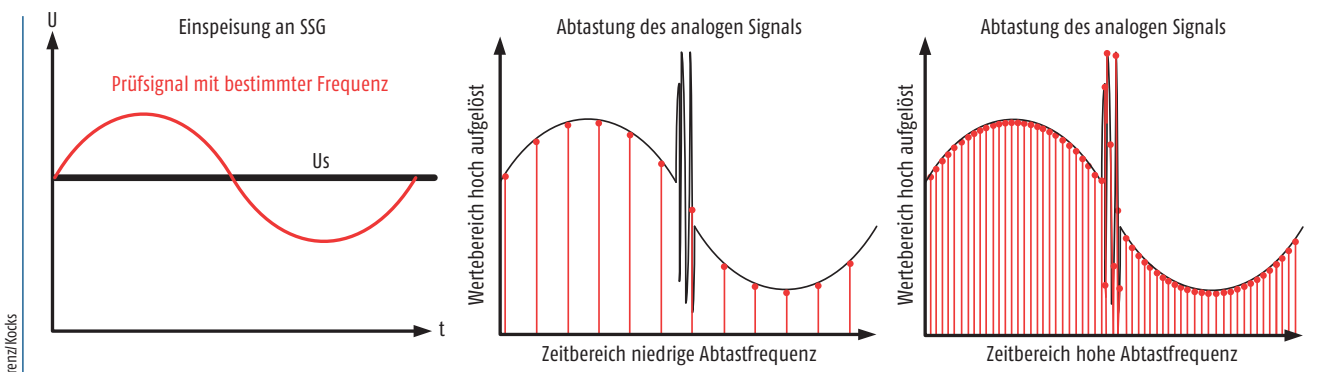


Abb. 3 – Erfassung der Änderungen eines dem Schutzstrom überlagerten Prüfsignals

berücksichtigen, die das aus dem kurzzeitigen Erdschluss sich ergebende Signal im Fall eines Baugerätkontakts ggf. überlagern können. Dazu zählen z. B. auch die Wechselstromeinflüsse durch Bahn- oder Stromtrassen.

Im Rahmen des Projektes zur Onlineüberwachung sind Leitungen in verschiedenen Regionen, mit unterschiedlichen betrieblichen Rahmenbedingungen (Leistungsart, Umhüllungsqualität, Streustrom- und/oder Wechselstromeinflüsse, unterschiedliche betriebliche Konzeptionen des KKS usw.) ausgewählt worden, um die Einsatzmöglichkeiten und -grenzen sowie gegebenenfalls auch die betrieblichen Voraussetzungen für den Einsatz dieser Verfahren zu untersuchen. Dazu wurde eine sogenannte Baggersimulationsbox eingesetzt, die sowohl zur Einrichtung der Überwachungssysteme als auch zum eigentlichen Test an verschiedenen Positionen der Rohrleitung zugeschaltet wird. Durch diese Box wird die Rohrleitung in definierten Abständen, mit unterschiedlichen Schaltzeiten und über verschiedene Widerstände entsprechend der Wirkung eines Baugerätes geerdet.

Mit steigendem Widerstand wächst die Anforderung an die Empfindlichkeit des Überwachungsverfahrens. Die gewählten Widerstände zur Simulation eines Baugeräteangriffs ergeben sich aus einer Untersuchung der Ausbreitungswiderstände typischer Gerätschaften, die auf den Baustellen im Einsatz sind. Diese Widerstände werden mit Blick auf die Rahmenbedingungen der Praxis (beispielsweise im Falle des Baggers mit eingegrabener Schaufel, also bei aktivem Baugerät und damit größtmöglichem elektrischem Kontakt zum Erreich) ermittelt. Die Messergebnisse unterliegen dabei nur geringen, jahreszeitlich bedingten Schwankungen und werden maßgeblich von den Bodenverhältnissen beeinflusst.

Die im Rahmen des Projektes durchgeführten Untersuchungen an den verschiedenen Leitungsabschnitten sind bilateral zwischen den am Projektkreis beteiligten Leitungsbetreibern und dem Anbieter des Überwachungsverfahrens abgewickelt worden. Die Bearbeitung des Projektes erfolgte in zwei Etappen (Messblöcke), wobei sich die Anbieter der Überwachungssysteme bei den Messungen an den jeweiligen Leitungen abwechselten.

Die Projektergebnisse haben gezeigt, dass mithilfe der KKS-Messverfahren grundsätzlich eine lückenlose Überwachung von Rohrleitungen realisiert werden kann. Systembedingt sind Fehlalarme

unwahrscheinlich, da Fremdeinwirkungen erst im Falle eines Kontaktes zum Stahlgrundmaterial auftreten können. Anzeigen aus induzierten Spannungen können von den Signalen, die bei einer Fremdeinwirkung entstehen, unterschieden werden. Dazu zählen auch witterungsbedingte Einflüsse, Blitzeinwirkungen, Wechselströme, oder auch betriebliche Einflüsse, wenn beispielsweise die Taktung einer KKS-Anlage in einer parallel laufenden Leitung Schwankungen des Schutzstromes oder des Schutzpotenzials verursacht. Derartige Effekte konnten aufgrund der hier durchgeführten Messungen an realen Leitungsabschnitten entsprechend bewertet werden.

Die Ergebnisse zeigen außerdem, dass die eingesetzten Überwachungssysteme nicht nur auf die vorhandenen Leitungsgegebenheiten, sondern auch hinsichtlich des angestrebten Überwachungsziels angepasst werden können. Von besonderer Bedeutung bei der Planung sind dabei die Festlegung der Rohrleitungsabschnitte, der Überwachungsbereiche sowie die Positionierung der Sensoren in Abhängigkeit von der für den Betrieb angestrebten Genauigkeit einer Lokalisierung von Fremdeinwirkungen. Dabei müssen letztlich Aufwand und Nutzen gegeneinander abgewogen werden.

Zielsetzung des Projektes war es, mit dem DVGW-Merkblatt GW 31 Detektionsziele zu definieren und einen systemunabhängigen Anforderungskatalog für Verfahren zur Onlineüberwachung zu schaffen. In Bezug auf die Genauigkeit der Lokalisierung oder Empfindlichkeit ergeben sich verschiedene Kategorien, denen die Überwachungsverfahren in ihrer Wirksamkeit zuzuordnen sind.

Die Leistungsfähigkeit der Überwachungssysteme hängt von der Art der Fremdeinwirkung ab. Diese wird entsprechend den Ausbreitungswiderständen in die drei Typen A, B und C unterteilt:

- Typ A: Erkennbarkeit von Baugeräten mit Ausbreitungswiderständen bis ca. 60 Ohm (z. B. Bagger mit Stahlketten, Grabenfräse)
- Typ B: Erkennbarkeit von Baugeräten mit Ausbreitungswiderständen bis ca. 100 Ohm (z. B. Bagger mit Gummireifen, Tiefenbohrgerät)
- Typ C: Erkennbarkeit von Baugeräten mit Ausbreitungswiderständen bis ca. 200 Ohm (z. B. Minibagger)

Der Leistungsumfang und damit die Stafelung der Überwachungsziele in den verschiedenen Kategorien richtet sich nach

der Genauigkeit der Lokalisierung und der Empfindlichkeit des eingesetzten Verfahrens:

- Kategorie 1 (geringere Genauigkeit): Erkennen von Fremdeinwirkungen der Baugerätetypen A, B oder C in einem festgelegten Rohrleitungsabschnitt (abgegrenzt durch Isoliertrennstellen), welcher nicht in einzelnen Überwachungsabschnitte eingeteilt wurde. Es erfolgt keine genaue Lokalisierung innerhalb des Rohrleitungsabschnittes, sondern nur eine Meldung, ob ein Angriff stattgefunden hat.
- Kategorie 2 (mittlere Genauigkeit): Erkennen von Fremdeinwirkungen der Baugerätetypen A, B oder C im einem festgelegten Rohrleitungsabschnitt, welcher in mehrere Überwachungsbereiche eingeteilt wurde; beschränkte Lokalisierung des Angriffs über Zuordnung des Angriffs auf den jeweiligen Überwachungsbereich. Diese Kategorie ermöglicht die Beantwortung der Frage, in welchem Überwachungsbereich der Angriff stattgefunden hat.
- Kategorie 3 (höchste Genauigkeit): Genaue Lokalisierung bzw. Ortsangabe (Koordinaten oder Kilometerangabe) der Fremdeinwirkung der Baugerätetypen A, B oder C innerhalb eines Überwachungsbereiches.

Neben dieser bei der Planung zu berücksichtigender Kategorisierung der Überwachungssysteme und den damit verbundenen Überwachungszielen werden im Regelwerk auch die Aspekte rund um Einrichtung und Betrieb behandelt. Darüber hinaus sind die hier vorgestellten Projektergebnisse in der DVGW-Information GAS/WASSER Nr. 25 zusammengefasst und veröffentlicht.

## Autoren

Peter Frenz  
Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.  
Josef-Wirmer-Str. 1-3  
53123 Bonn  
Tel.: +49 (0) 228 9188-654  
peter.frenz@DVGW.de  
www.dvgw.de

Dr. Hans-Jürgen Kocks  
Mannesmann Line Pipe GmbH  
In der Steinwiese 31  
57074 Siegen  
Tel.: +49 (0) 271 691-170  
hans-juergen.kocks@smlp.eu  
www.smlp.eu

